

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-204638

(43)Date of publication of application : 09.08.1996

(51)Int.Cl.

H04B 10/02  
H04B 10/18  
G02B 6/00  
G02B 26/02  
G02F 1/35

(21)Application number : 07-010671

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 26.01.1995

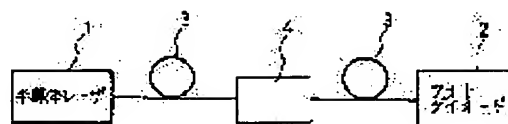
(72)Inventor : KANEKO SHINICHI  
ADACHI AKIHIRO  
YAMASHITA JUNICHIRO

## (54) OPTICAL ANALOG TRANSMISSION SYSTEM

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To attain high quality for a signal even by a receiver whose transmission distance differs by optically compensating the ternary modulation distortion caused by an optical fiber having dispersion through the use of an optical component whose transmittivity depends on wavelength.

**CONSTITUTION:** The system is provided with a semiconductor laser 1 converting an analog electric signal into an optical signal and providing an output, a photodiode 2 converting the analog optical signal into an electric signal, an optical fiber 3 having a dispersion with respect to an oscillated wavelength of the semiconductor laser 1, and an optical component 4 whose transmittivity depends on wavelength. That is, the optical component 4 whose transmittivity depends on wavelength is provided between the semiconductor laser 1 and the photodiode 2. Ternary modulation distortion with an inverse characteristic to that caused by the optical fiber 3 having a dispersion can be generated and the ternary modulation distortion caused by the optical fiber 3 having a dispersion is compensated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-204638

(43) 公開日 平成8年(1996)8月9日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B	10/02			
	10/18			
G 0 2 B	6/00			

H 0 4 B 9/ 00 M

G 0 2 B 6/ 00 E

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-10671

(22) 出願日 平成7年(1995)1月26日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 金子 進一

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式  
会社電子システム研究所内

(72) 発明者 足立 明宏

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式  
会社電子システム研究所内

(72) 発明者 山下 純一郎

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式  
会社電子システム研究所内

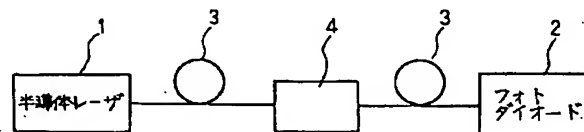
(74) 代理人 弁理士 高田 守 (外4名)

(54) 【発明の名称】 光アナログ伝送システム

(57) 【要約】

【目的】 分散を有する光ファイバによって生じた3次変調歪みを補償し、高品質な光伝送が得られる光アナログ伝送システムを得るものである。

【構成】 半導体レーザと、半導体レーザの発振波長において分散を有する光伝送路と、光信号を電気信号に変換するフォトダイオードからなり、半導体レーザとフォトダイオードの間に波長によって透過率の異なる光学部品を設け、光伝送路において生じた3次変調歪みを補償する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 伝送される信号の最も高い周波数が、最も低い周波数の2倍以下である光アナログ伝送システムにおいて、少なくとも電気信号を光信号に変換する半導体レーザと、上記半導体レーザの発振波長において分散を有する光伝送路と、上記半導体レーザからの光信号を電気信号に変換するフォトダイオードからなり、上記半導体レーザと上記フォトダイオードの間に波長によって透過率の異なる光学部品を設け、上記光伝送路において生じた3次変調歪みを補償することを特徴とする光アナログ伝送システム。

【請求項2】 上記波長によって透過率の異なる光学部品として、ファブリペロー干渉計を用いることを特徴とする請求項1記載の光アナログ伝送システム。

【請求項3】 上記波長によって透過率の異なる光学部品として、プラスチックからなるソリッドエタロンを用いることを特徴とする請求項1記載の光アナログ伝送システム。

【請求項4】 上記プラスチックからなるソリッドエタロンの側面の一部を、ソリッドエタロンの熱膨張係数と異なる熱膨張係数の保持具に固定することを特徴とする請求項3記載の光アナログ伝送システム。

【請求項5】 上記ファブリペロー干渉計として、対向する2つの反射面の間隔をプラスチックにより設定したファブリペロー干渉計を用いることを特徴とする請求項2記載の光アナログ伝送システム。

【請求項6】 上記波長によって透過率の異なる光学部品として、半導体導波路を用いることを特徴とする請求項1記載の光アナログ伝送システム。

【請求項7】 上記半導体導波路を上記フォトダイオードと集積化することを特徴とする請求項6記載の光アナログ伝送システム。

【請求項8】 上記波長によって透過率の異なる光学部品として、ファイバグレーティングを用いることを特徴とする請求項1記載の光アナログ伝送システム。

【請求項9】 上記波長によって透過率の異なる光学部品として、マッハツェンダ干渉計を用いることを特徴とする請求項1記載の光アナログ伝送システム。

【請求項10】 上記半導体導波路に流す電流を調整して歪補償状態を調整することを特徴とする請求項6または請求項7記載の光アナログ伝送システム。

【請求項11】 上記半導体導波路に印加する電圧を調整して歪補償状態を調整することを特徴とする請求項6または請求項7記載の光アナログ伝送システム。

【請求項12】 上記波長によって透過率の異なる光学部品の温度を、加熱または冷却手段によって調整し、歪補償状態を調整することを特徴とする請求項1記載の光アナログ伝送システム。

【請求項13】 上記波長によって透過率の異なる光学部品に入射し、上記フォトダイオードへ伝搬する上記半

導体レーザからの光信号の透過光を受光し、信号を含まない周波数帯域に発生する3次変調歪みが小さくなるように上記光学部品の動作点を制御することを特徴とする請求項1記載の光アナログ伝送システム。

【請求項14】 上記波長によって透過率の異なる光学部品に入射し、上記フォトダイオードへ伝搬する上記半導体レーザからの光信号の透過光を受光し、上記透過光出力が小さくなるように上記光学部品の動作点を制御することを特徴とする請求項1記載の光アナログ伝送システム。

【請求項15】 上記波長によって透過率の異なる光学部品に入射し、上記光学部品により反射または分岐され、上記フォトダイオードへ伝搬しない上記半導体レーザからの光信号を受光し、上記受光信号の3次変調歪みが大きくなるように上記光学部品の動作点を制御することを特徴とする請求項1記載の光アナログ伝送システム。

【請求項16】 上記波長によって透過率の異なる光学部品に入射し、上記光学部品により反射または分岐され、上記フォトダイオードへ伝搬しない上記半導体レーザからの光信号を受光し、上記受光信号が大きくなるように上記光学部品の動作点を制御することを特徴とする請求項1記載の光アナログ伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、低歪みな光アナログ伝送装置並びに光アナログ伝送システムに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の光アナログ伝送システムは、1.3  $\mu\text{m}$ の半導体レーザを光源として用い、また、低損失な光ファイバを伝送路として用いているため、数百メートルごとに増幅器を用いて損失を補うメタル同軸線路を用いたアナログ伝送方式に比べ、増幅器による雑音や歪みの蓄積がないため低雑音・低歪みな信号を長距離伝送することができる。

【0003】 このように高品質な光信号を多数分配して伝送する必要から、近年、光信号を増幅する光ファイバ増幅器が開発された。しかし、この光ファイバ増幅器が機能する波長帯は1.55  $\mu\text{m}$ 帯であり、1.3  $\mu\text{m}$ 帯の光を増幅する実用的な光増幅器は未だに開発されていない。このため従来の1.3  $\mu\text{m}$ 用の光ファイバ(1.3  $\mu\text{m}$ 零分散ファイバ)を伝送路として用いて、1.55  $\mu\text{m}$ 帯の光信号を伝送することになる。このように零分散波長と異なる波長で光アナログ信号を伝送した場合、例えば、E. E. Bergmann他によりIEEE Photonics Technology Letter, Vol. 3, pp59-61, 1991に示されているように、分散を有する光ファイバによって歪み特性の劣化が起こることが知られている。また、伝送されるアナログ信号の最も高い周波数が、最も低い周波数の2倍以

3

4

下である光アナログ伝送システムにおいては、2次変調歪みは信号の伝送帯域外になるので、3次変調歪みが特性劣化要因となる。分散を有する光ファイバによって生\*

\* じる3次変調歪み  $IM3_{co}$  は次式のように表わされる。

【0004】

【数1】

$$IM3_{CD} = -\eta \overline{P_{opt}} m \{ a Z \Delta \omega (2\omega_1 - \omega_2) \}^2 \cos(2\omega_1 - \omega_2) t \quad (1)$$

$$\text{ただし、} a = -\frac{\pi c D}{\omega_0^2}$$

$\eta$  : フォトダイオードの受光感度、 $\overline{P_{opt}}$  : 平均光出力

$m$  : 光変調度、 $c$  : 光速、 $D$  : 光ファイバの分散定数

$\omega_0$  : 半導体レーザの発振光角周波数、 $Z$  : 伝送距離

$\Delta \omega$  : 半導体レーザのチャープング、

$\omega_{1,2}$  : 変調角周波数

【0005】従来、このような分散を有する光ファイバによって生じる変調歪みの補償には電気的な補償方法が採用されていた。このような電気的な補償方法は、あらかじめ補償したい変調歪みと逆特性（歪みの強度が等しく、位相が逆相）を持った変調波を電気回路により作り出し、もとの電気信号に合波して半導体レーザへ入力し、変調歪みを補償する方法である。

【0006】例えば、図22は、C. Y. Kuo他により JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 10, NO. 11, pp1751-1759, 1992 に示された分散によって生じる変調歪みを補償するための電気回路図である。図において、89は電気信号を分波する分波器、90は3次変調歪みを発生する3乗回路、91は3次変調歪みの強度を調整する可変減衰器、92は3次変調歪みと信号の位相を合わせる遅延線路、93は3乗回路と遅延線路からの電気信号を合波するための合波器である。この例では、電気信号を、分散による3次変調歪みの補償用回路と信号線路に分波し、逆特性を持った歪みを発生させる変調波を作り出してから再び合波して半導体レーザへの入力信号を得る。各回路の構成および機能は次のようになっている。分散による3次変調歪みの補償用回路は3乗回路90、可変減衰器91により構成されており、分波器89により分波された信号を3乗回路90に入れて、式(1)に相当する歪み成分を発生させ、分散を有する光ファイバによる3次変調歪みと強度が等しくなるように可変減衰器91で強度の調整を行う。信号線路は遅延線路92により構成されており、信号に対する歪み補償回路で作り出した変調波の位相が分散を有する光ファイバにより生じる歪みと逆相になるように信号の位相を調整し、合波器93により補償用回路と信号線路からの電気信号を合波している。このように、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みと逆特性を持った変調歪みを発生させて、歪みを補償している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来の、分散を有する光ファイバによる変調歪みを補償するアナログ伝送装置

ならびにアナログ伝送システムでは歪み補償を上記のように行っているため、ある特定の周波数の信号に対しては信号と歪み補償の変調波の強度と位相を所定の関係に合わせて歪み補償を行うことができるが、周波数の異なる複数の信号を入力した場合には、遅延線路での位相変化が異なるため、十分な歪み補償効果が得られないという問題点があった。また、電気的に歪み補償を行っているため、信号の周波数が高くなると歪み補償回路をつくるのが難しいという問題点があった。さらに、このような電気的歪み補償方法は送信装置で行わなければならない、例えば、局（一つの光源）から伝送距離の異なる多数の加入者（受信装置）に信号を送送する場合においては、特定の伝送距離にある受信装置でしか最適な歪み補償は実現できず、伝送距離の異なる受信装置に高品質な信号を送ることができなかった。

【0008】この発明は、このような問題点を解消するためになされたもので、第1の目的は高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られるアナログ伝送装置ならびにアナログ伝送システムを得るものである。また、第2の目的は伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号が得られるアナログ伝送装置ならびにアナログ伝送システムを得るものである。さらに、第3の目的は、アナログ伝送装置ならびにアナログ伝送システムの歪み補償状態を容易に調整する方法を得るものである。第4の目的は、アナログ伝送装置ならびにアナログ伝送システムを、良好な歪み補償状態が安定に得られるように制御する方法を得るものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明に係わるアナログ伝送システムにおいては、伝送される信号の最も高い周波数が、最も低い周波数の2倍以下である光アナログ伝送システムにおいて、少なくとも電気信号を光信号に変換する半導体レーザと、上記半導体レーザの発振波長において分散を有する光伝送路と、上記半導体レーザからの光信号を電気信号に変換するフォトダイオードからなり、上記半導体レーザと上記フォトダイオードの間に

波長によって透過率の異なる光学部品を設け、上記光伝送路において生じた3次変調歪みを補償するものである。

【0010】また、波長によって透過率の異なる上記光学部品として、ファブリペロー干渉計を用いるものである。

【0011】また、波長によって透過率の異なる前記光学部品として、プラスチックからなるソリッドエタロンを用いるものである。

【0012】さらに、前記プラスチックからなるソリッドエタロンの側面の一部を、ソリッドエタロンの熱膨張係数と異なる熱膨張係数の保持具に固定するものである。

【0013】また、波長によって透過率の異なる前記光学部品として、対向する2つの反射面の間隔をプラスチックにより設定したファブリペロー干渉計を用いるものである。

【0014】また、波長によって透過率の異なる光学部品として、半導体導波路を用いるものである。

【0015】さらに、半導体導波路をフォトダイオードと集積化したものを用いるものである。

【0016】また、波長によって透過率の異なる光学部品として、ファイバグレーティングを用いるものである。

【0017】また、波長によって透過率の異なる光学部品として、マッハツェンダ干渉計を用いるものである。

【0018】また、半導体導波路に流す電流を調整して歪補償状態を調整するものである。

【0019】また、半導体導波路に印加する電圧を調整して歪補償状態を調整するものである。

【0020】また、波長によって透過率の異なる光学部品の温度を、加熱または冷却手段によって調整し、歪補償状態を調整するものである。

【0021】また、波長によって透過率の異なる光学部品に入射し、フォトダイオードへ伝搬する半導体レーザからの光信号の透過光を受光し、信号を含まない周波数帯域に発生する3次変調歪みが小さくなるように上記光学部品の動作点を制御するものである。

【0022】また、波長によって透過率の異なる光学部品に入射し、フォトダイオードへ伝搬する半導体レーザからの光信号の透過光を受光し、上記透過光出力が小さくなるように上記光学部品の動作点を制御するものである。

【0023】また、波長によって透過率の異なる光学部品に入射し、上記光学部品により反射または分岐され、フォトダイオードへ伝搬しない半導体レーザからの光信号を受光し、上記受光信号の3次変調歪みが大きくなるように上記光学部品の動作点を制御するものである。

【0024】また、波長によって透過率の異なる光学部品に入射し、上記光学部品により反射または分岐され、

フォトダイオードへ伝搬しない半導体レーザからの光信号を受光し、上記受光信号が大きくなるように上記光学部品の動作点を制御するものである。

【0025】

【作用】上記のように構成されたアナログ伝送システムにおいては、半導体レーザとフォトダイオードの間に波長によって透過率の異なる光学部品を設けることにより、分散を有する光ファイバによって生じた3次変調歪みと逆特性の3次変調歪みを発生することができ、これにより分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償することができる。

【0026】また、ファブリペロー干渉計の透過率は波長によって異なるため、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みと逆特性の3次変調歪みを発生することができる。これにより、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償することができる。

【0027】また、プラスチックからなるソリッドエタロンの透過率は波長によって異なるため、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みと逆特性の3次変調歪みを発生することができる。これにより、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償することができる。

【0028】さらに、プラスチックからなるソリッドエタロンの側面の一部を、熱膨張係数の異なる保持具に固定するため、温度を変えたときに干渉計のフィネスを変えることができ、容易に歪み補償状態が調整できる。

【0029】また、波長によって透過率の異なる光学部品として、対向する2つの反射面の間隔をプラスチックにより設定したファブリペロー干渉計を用いるため、干渉計の温度に対する透過特性（動作点）の変化が大きく、容易に歪み補償状態が調整できる。

【0030】また、波長によって透過率の異なる光学部品として、半導体導波路を用いるため、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みと逆特性の3次変調歪みを発生することができる。これにより、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償することができる。

【0031】さらに、前記半導体導波路をフォトダイオードと集積化するため、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを、受信装置において補償し、伝送距離によらず最適な歪補償を行うことができる。

【0032】また、ファイバグレーティングの透過率は波長によって異なるため、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みと逆特性の3次変調歪みを発生することができる。これにより、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償することができる。

【0033】また、マッハツェンダ干渉計の透過率は波長によって異なるため、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みと逆特性の変調歪みを発生するこ

とができる。これにより、分散を有する光ファイバによって生じる 3 次変調歪みを補償することができる。

【0034】また、前記半導体導波路に電流を流すことにより半導体フィルタの透過特性を変えることができ、容易に歪み補償状態が調整できる。

【0035】また、前記半導体導波路に電圧を印加することにより半導体フィルタの透過特性を変えることができ、容易に歪み補償状態が調整できる。

【0036】また、波長によって透過率の異なる前記光学部品を、ヒータまたは熱電素子によって温度を変えることにより前記光学部品の透過特性を変えることができ、容易に歪補償状態が調整できる。

【0037】また、波長によって透過率の異なる前記光学部品からの透過光の信号を含まない帯域の 3 次変調歪みが小さくなるように制御するため、良好な歪み補償が安定に得られる。

【0038】また、波長によって透過率の異なる前記光学部品からの透過光出力が小さくなるように制御するため、透過光の 3 次変調歪みが小さくなるように制御され、良好な歪み補償が安定に得られる。

【0039】また、波長によって透過率の異なる前記光学部品からの反射光または分岐された光を受光し、3 次変調歪みが大きくなるように制御するため、透過光の 3 次変調歪みが小さくなるように制御され、良好な歪み補償が安定に得られる。

【0040】また、波長によって透過率の異なる前記光学部品からの反射光または分岐された光が大きくなるよ \*

$$IM3_{op} = \eta \overline{P_{opt}} \cdot \frac{d^2 T}{d\omega^2} \cdot \frac{3m(\Delta\omega)^2}{4} \cos(2\omega_1 - \omega_2) \quad (2)$$

ただし、

$\eta$  : フォトダイオードの受光感度、 $\overline{P_{opt}}$  : 平均光出力、  
 $T$  : 光学部品の透過率、 $m$  : 光変調度、 $\omega$  : 光角周波数、  
 $\Delta\omega$  : 半導体レーザのチャーピング、 $\omega_{1,2}$  : 変調角周波数、

【0044】この式より、透過率の波長（光周波数）についての 2 次微分が正になれば、式（1）により表わされる分散を有する光ファイバによって生じる 3 次変調歪みと逆相になり、分散を有する光ファイバによって生じる 3 次変調歪みを補償することができる。また、透過率の波長に対する 2 次微分の大きさを調整し、透過率が波長により異なる光学部品 4 によって生じる 3 次変調歪みの大きさと、分散を有する光ファイバによって生じる 3 次変調歪みの大きさを等しくすることによって、分散を有する光ファイバによって生じる 3 次変調歪みを完全に補償することができる。

【0045】このように、本発明によれば、電氣的な補償を行っていないため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることが

\*うに制御するため、透過光の 3 次変調歪みが小さくなるように制御され、良好な歪み補償が安定に得られる。

【0041】

【実施例】

実施例 1. 図 1 は請求項 1 の発明による光アナログ伝送システムの一実施例である。図において、1 はアナログ電気信号を光信号に変換して出力する半導体レーザ、2 はアナログ光信号を電気信号に変換するフォトダイオード、3 は半導体レーザ 1 の発振波長において分散を有する光ファイバ、4 は波長によって透過率の異なる光学部品である。図 2 は波長によって透過率の異なる光学部品 4 で発生する 3 次変調歪みを説明するための説明図である。図において、5 は光学部品 4 の透過率、6 は半導体レーザ 1 への入力電気信号に応じて発生する周波数変化であるチャーピングである。

【0042】次に動作について説明する。半導体レーザ 1 は入力電気信号に応じてその発振波長が変化するチャーピング 6 という特性を有している。このため半導体レーザ 1 の出射光を、波長によって透過率の異なる光学部品 4 に通すと、図 2 に示すように、信号に応じて透過率が変化し、3 次変調歪みが発生する。このように、透過率の波長依存性を有する光学部品を透過させることによって発生する 3 次変調歪み  $IM3_{op}$  は次式のように表わされる。

【0043】

【数 2】

できる。また、光学部品 4 は半導体レーザ 1 とフォトダイオード 2 の間の任意の場所に入れることができるため、フォトダイオードの直前、すなわち受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。

【0046】実施例 2. 図 3 は請求項 2 の発明による光アナログ伝送システムに用いる、波長によって透過率の異なる光学部品 4 の説明図である。図において、7 は波長によって透過率の異なるファブリペロー干渉計、8 はファブリペロー干渉計 7 の反射面（反射膜）、9 は半導体レーザ 1 の発振波長における透過率（以下、動作点とする）である。

【0047】次に動作について説明する。ファブリペロー

一千渉計7の透過率は、図3(b)に示すように、波長に対して周期的に変化する。ファブリペロー干渉計7の動作点9を、波長に対する透過率変化の谷の部分にすることによって、透過率の波長に対する2次微分を正にすることができ、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償することができる。また、ファブリペロー干渉計の反射面8の反射率、反射面8の間の平行度および反射面8の間の距離を変えることによって、透過率の波長に対する2次微分の大きさを容易に調整することができる。このため、ファブリペロー干渉計7によって生じる3次変調歪みの大きさと、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みの大きさを等しくし、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを完全に補償することができる。

【0048】このように、本発明によれば、電気的な補償を行っていないため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。また、ファブリペロー干渉計7は半導体レーザ1とフォトダイオード2の間の任意の場所に入れることができるため、フォトダイオードの直前、すなわち受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。

【0049】実施例3. 図4は請求項3の発明による光アナログ伝送システムに用いる、波長によって透過率の異なる光学部品4の説明図である。図において、10はプラスチックからなるソリッドエタロン、11はソリッドエタロン10の反射面(反射膜)、12はソリッドエタロン10の波長に対する透過率である。

【0050】次に動作について説明する。ソリッドエタロン10の透過率は、図4(b)に示すように、波長に対して周期的に変化する。ソリッドエタロン10の動作点を、波長に対する透過率変化の谷の部分にすることによって、透過率の波長に対する2次微分を正にすることができ、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償することができる。また、ソリッドエタロンの反射面11の反射率、反射面11の間の平行度および反射面11の間の距離を変えることによって、透過率の波長に対する2次微分の大きさを容易に調整することができる。このため、ソリッドエタロン10によって生じる3次変調歪みの大きさと、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みの大きさを等しくし、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを完全に補償することができる。

【0051】このように、本発明によれば、電気的な補償を行っていないため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることが

できる。また、ソリッドエタロン10は半導体レーザ1とフォトダイオード2の間の任意の場所に入れることができるため、フォトダイオードの直前、すなわち受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。

【0052】実施例4. 図5は請求項4の発明による光アナログ伝送システムに用いる、波長によって透過率の異なる光学部品4の実装構造図である。図において、13はプラスチックからなるソリッドエタロン10の室温における形状、14はプラスチックと異なる熱膨張係数を持ち、ソリッドエタロン10を固定・実装する保持具、15はソリッドエタロン10の温度を変えたときの形状、16はソリッドエタロン10の室温における透過率の波長依存性、17はソリッドエタロン10の温度を変えたときの透過率の波長依存性である。10、11は図4に示した実施例3と同様のものである。

【0053】次に動作について説明する。ソリッドエタロン10は、熱膨張係数の異なる保持具14に固定されているため、ソリッドエタロン10の温度が変わると形状が変化する。室温における形状13では、反射面11は平行であるが、ソリッドエタロン10の温度を変えることによって形状15のように変形し、反射面11は平行状態からずれる。ソリッドエタロン10の室温における透過率16は、図5(b)に示すように、波長に対して周期的に変化する。ソリッドエタロン10の温度を変えると、反射面11が平行状態からずれるため、干渉の効果が弱くなり、波長に対する透過率17の変化は小さくなる。すなわち透過率の波長に対する2次微分の大きさを調整することができる。このため、ソリッドエタロン10によって生じる3次変調歪みの大きさと、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みの大きさを等しくし、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを完全に補償することができる。

【0054】このように、本発明によれば、ソリッドエタロン10の温度を変えることによって歪補償状態を容易に調整できる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムが得られる。

【0055】実施例5. 図6は請求項5の発明による光アナログ伝送システムに用いる、波長によって透過率の異なる光学部品4の構造図である。図において、18は波長によって透過率の異なるファブリペロー干渉計、19はファブリペロー干渉計18の反射面(反射膜)、20はプラスチックからなるファブリペロー干渉計18のスペーサである。

【0056】次に動作について説明する。ファブリペロー干渉計のスペーサ20はプラスチックからなるため、熱膨張係数が大きく、わずかに温度を変えるだけで容易に動作点を変えることができる。波長に対して周期的に



変化するファブリペロー干渉計の透過率のうち、波長に対する2次微分がもっとも大きくなるのは谷の部分である。ファブリペロー干渉計の透過率を1周期変えるにはスペーサ20の長さが、半導体レーザ1の発振波長の半分変わればよい。逆に、スペーサ20の長さを半波長分変えれば、必ずファブリペロー干渉計の透過率の谷の部分に動作点を調整することができる。

【0057】このように、本発明によれば、プラスチックからなるファブリペロー干渉計のスペーサ20を用いているので、わずかに温度を変えることによって歪補償状態を容易に調整できる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムが得られる。

【0058】実施例6. 図7は請求項6の発明による光アナログ伝送システムに用いる、波長によって透過率の異なる光学部品4の構造図である。図において、21は入出力面に反射部を有する半導体導波路、22は半導体基板に形成された導波路、23は導波路の入出力面に設けられた反射部、24は半導体導波路21の波長に対する透過率である。

【0059】次に動作について説明する。半導体導波路21の透過率は、図7(b)に示すように、波長に対して周期的に変化する。半導体導波路21の動作点を、波長に対する透過率変化の谷の部分にすることによって、透過率の波長に対する2次微分を正にすることができ、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償することができる。また、半導体導波路の導波路22の光路長および半導体導波路の導波路22の損失を変えることによって、透過率の波長に対する2次微分の大きさを容易に調整することができる。このため、半導体導波路21によって生じる3次変調歪みの大きさと、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みの大きさを等しくし、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを完全に補償することができる。

【0060】このように、本発明によれば、電気的な補償を行っていないため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。また、半導体導波路21は半導体レーザ1とフォトダイオード2の間の任意の場所に入れることができるため、フォトダイオードの直前、すなわち受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。

【0061】実施例7. 図8は請求項6の発明による光アナログ伝送システムに用いる、波長によって透過率の異なる光学部品4の構造図である。図において、25は半導体フィルタ、26は半導体フィルタ25の導波路、27は導波路26に施したグレーティング、28は半導体フィルタ25の波長に対する透過率である。

【0062】次に動作について説明する。半導体フィルタ25は、導波路26にグレーティング27にが施してある光学部品であり、グレーティングの一つ一つがエタロンに相当し、その波長に対する透過率28は、図8

(b)に示すように、特定の波長において透過率が低くなるようにすることができる。半導体フィルタ25の動作点を、波長に対する透過率変化の谷の部分にすることによって、透過率の波長に対する2次微分を正にすることができ、式(1)と式(2)より、分散によって生じる3次変調歪みを補償することができる。また、半導体フィルタのグレーティングのピッチやグレーティングの深さを変えることによって、透過率の波長に対する2次微分の大きさを調整することができる。このため、半導体フィルタ25によって生じる3次変調歪みの大きさと、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みの大きさを等しくし、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを完全に補償することができる。

【0063】このように、本発明によれば、電気的な補償を行っていないため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。また、半導体フィルタ25は半導体レーザ1とフォトダイオード2の間の任意の場所に入れることができるため、フォトダイオードの直前、すなわち受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。

【0064】実施例8. 図9は請求項7の発明による光アナログ伝送システムに用いる、波長によって透過率の異なる光学部品4の構造図である。図において、29は半導体導波路21と受信装置のフォトダイオード2を集積化した集積化素子である。2は図1に示した実施例1と同様のものであり、21は図7に示した実施例6と同様のものである。

【0065】次に動作について説明する。集積化素子29は半導体導波路21とフォトダイオード2が集積化されているが、半導体導波路21の波長に対する透過率は、図7(b)に示す実施例6と同様に、周期的に透過率が変わる特性を有している。半導体導波路21の動作点を、波長に対する透過率変化の谷の部分にすることによって、透過率の波長に対する2次微分を正にすることができ、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償することができる。

【0066】このように、本発明によれば、電気的な補償を行っていないため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。また、半導体導波路21は受信装置のフォトダイオード2と集積化されているため、受信装置において



歪補償を行うことができる。このため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。

【0067】実施例9. 図10は請求項8の発明による光アナログ伝送システムに用いる、波長によって透過率の異なる光学部品4の構造図である。図において、30はファイバグレーティング、31は光ファイバ、32は光ファイバ31に施したグレーティング、33はファイバグレーティング32の波長に対する透過率である。

【0068】次に動作について説明する。ファイバグレーティング30は、光ファイバ31にグレーティング32が施してある光学部品であり、グレーティングの一つ一つがエタロンに相当し、その波長に対する透過率33は、図10(b)に示すように、特定の波長において透過率が低くなるようにすることができる。ファイバグレーティング30の動作点を、波長に対する透過率変化の谷の部分にすることによって、透過率の波長に対する2次微分を正にすることができ、式(1)と式(2)より、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償することができる。また、ファイバグレーティングのグレーティングのピッチやグレーティングの深さを変えることによって、透過率の波長に対する2次微分の大きさを調整することができる。このため、ファイバグレーティング30によって生じる3次変調歪みの大きさと、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みの大きさを等しくし、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを完全に補償することができる。

【0069】このように、本発明によれば、電気的な補償を行っていないため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。また、ファイバグレーティング30は半導体レーザ1とフォトダイオード2の間の任意の場所に入れることができるため、フォトダイオードの直前、すなわち受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。

【0070】実施例10. 図11は請求項9の発明による光アナログ伝送システムに用いる、波長によって透過率の異なる光学部品4の構造図である。図において、34はマッハツェンダ干渉計、35はマッハツェンダ干渉計34の分岐部、36はマッハツェンダ干渉計34の合波部、37はマッハツェンダ干渉計34の光信号伝送導波路、38はマッハツェンダ干渉計34の遅延導波路、39はマッハツェンダ干渉計34の波長に対する透過率である。

【0071】次に動作について説明する。マッハツェン

ダ干渉計34は、入射してきた光信号を分岐部35において光信号伝送導波路37と光信号伝送導波路に対して遅延を有する遅延導波路38に分岐し、合波部36において再び2つの導波路の光を合波する。このように遅延した光を合波することによって、図11(b)に示すように、波長に対して周期的に透過率が透過率が変わる特性を有している。マッハツェンダ干渉計34の動作点を、波長に対する透過率変化の谷の部分にすることによって、透過率の波長に対する2次微分を正にすることができ、式(1)と式(2)より、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償することができる。また、マッハツェンダ干渉計34の分岐部や合波部における2つの導波路の間隔および屈折率、遅延長などを変えることによって、透過率の波長に対する2次微分の大きさを調整することができる。このため、マッハツェンダ干渉計34によって生じる3次変調歪みの大きさと、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みの大きさを等しくし、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを完全に補償することができる。

【0072】このように、本発明によれば、電気的な補償を行っていないため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。また、マッハツェンダ干渉計34は半導体レーザ1とフォトダイオード2の間の任意の場所に入れることができるため、フォトダイオードの直前、すなわち受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号が得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムを得ることができる。

【0073】実施例11. 図12は請求項10の発明による光アナログ伝送システムの歪補償状態調整法の説明図である。40は半導体導波路21に設けられた電極、41は半導体導波路21の屈折率を変えるための電流、42は電流41によって半導体導波路21の屈折率を変える前の半導体導波路21の透過率、43は電流41によって半導体導波路21の屈折率を変えた後の半導体導波路21の透過率である。21は図7に示した実施例6と同様のものである。

【0074】次に動作について説明する。電流41により半導体導波路21の屈折率を変えることによって半導体導波路21の光路長を変え、透過率42から透過率43に、波長に対する特性(動作点)を変えることができる。半導体導波路21の透過率は、波長に対して透過率が周期的に変わり、波長に対する2次微分がもっとも大きくなるのは透過率の谷の部分であり、電流を流すことによって谷になる波長を変えることができる。

【0075】このように、本発明によれば、半導体導波路21に電流を流すため、半導体導波路21の屈折率を変えることができるので、歪補償状態を容易に調整でき

る光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムが得られる。

【0076】実施例12. 図13は請求項11の発明による光アナログ伝送システムの歪補償状態調整法の説明図である。図において、44は半導体導波路21の吸収率を変えるための電圧、45は半導体導波路21への印加電圧を変える前の波長に対する透過率、46は半導体導波路21への印加電圧を変えた後の波長に対する透過率である。21、23は図7に示した実施例6と同様のものであり、40は図12に示した実施例11と同様のものである。

【0077】次に動作について説明する。半導体導波路21に電圧44を印加することによって半導体導波路21の吸収率を変えることができる。これにより反射部23による干渉の効果が弱くなり、波長に対する透過率の変化は、透過率45から透過率46のように、小さくなる。すなわち透過率の波長に対する2次微分の大きさを調整することができる。このため半導体導波路21によって生じる3次変調歪みの大きさと、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みの大きさを等しくし、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを完全に補償することができる。

【0078】このように、本発明によれば、半導体導波路21への印加電圧を変えることによって歪補償状態を容易に調整できるアナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムが得られる。

【0079】実施例13. 図14は請求項12の発明による光アナログ伝送システムの歪補償状態調整法の説明図である。図において、47は波長によって透過率の異なる光学部品4の側面に設けたヒータ、48はヒータ47で温度を変える前の光学部品4の透過率、49はヒータ47で温度を変えた後の光学部品4の透過率である。4は図1に示した実施例1と同様のものであり、8は図3に示した実施例2と同様のものである。

【0080】次に動作について説明する。光学部品4の側面に設けたヒータ47により光学部品4に熱を加え、光学部品4の熱膨張によって反射面8の距離（またはグレーティングのピッチ）を変えることができる。これにより透過率48から透過率49に、波長に対する特性（動作点）を変えることができる。光学部品4の透過率は、波長に対して周期的に変化し、波長に対する2次微分がもっとも大きくなるのは谷の部分である。光学部品4の透過率を1周期変えるには反射面の距離が、半導体レーザ1の発振波長の半分変わればよく、半波長分変えれば、必ず光学部品4の透過率の谷の部分に動作点を調整することができる。

【0081】このように、本発明によれば、光学部品4の側面にヒータを設けるため、光学部品4の温度を変えることができるので、歪補償状態を容易に調整できるアナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムが得ら

れる。

【0082】実施例14. 図15は請求項12の発明による光アナログ伝送システムの歪補償状態調整法の説明図である。図において、50はマッハツェンダ干渉計の分岐部35、光信号伝送導波路37または遅延導波路38の少なくとも一方の導波路および合波部36の少なくとも一部の温度を変えるためのヒータ、51はヒータ50で温度を変える前のマッハツェンダ干渉計34の透過率、52はヒータ50で温度を変えた後のマッハツェンダ干渉計34の透過率である。34～38は図11に示した実施例10と同様のものである。

【0083】次に動作について説明する。ヒータ50により、マッハツェンダ干渉計の分岐部35、光信号伝送導波路37、遅延導波路38、合波部36を加熱することによって、マッハツェンダ干渉計の分岐比、遅延長、合波比を変え、透過率51から透過率52に、波長に対する特性（動作点）を変えることができる。マッハツェンダ干渉計34の透過率は、波長に対して透過率が周期的に変わり、波長に対する2次微分がもっとも大きくなるのは透過率の谷の部分であり、温度を変えることによって谷になる波長を変えることができる。

【0084】このように、本発明によれば、マッハツェンダ干渉計の分岐部35、光信号伝送導波路37または遅延導波路38の少なくとも一方の導波路および合波部36の少なくとも一部にヒータ設けているため、分岐比、遅延長および合波比を変えることができるので、歪補償状態を容易に調整できるアナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムが得られる。

【0085】実施例15. 図16は請求項13の発明による光アナログ伝送システムの歪補償状態制御法の説明図である。図において、53は波長によって透過率の異なる光学部品4からの透過光の信号帯域外の3次変調歪みをモニタするためのフォトダイオード、54は光学部品4の動作点を調整するための動作点調整手段、55は光学部品4の動作点をわずかに変化させるための動作点変調手段、56はフォトダイオード53で検出した光学部品4からの透過光の信号帯域外の3次変調歪みが小さくなるように光学部品4の動作点を制御するための歪補償状態制御回路、57は光学部品4の波長に対する透過率、58は光学部品4の動作点を変えたときの、光学部品4によって生じる3次変調歪みと分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを複合した3次変調歪み、59は良好な歪補償状態が得られる動作点の範囲、60aは動作点の範囲59の左側の動作点、60bは動作点の範囲59の右側の動作点、61は動作点変調手段55による動作点の変調信号、62aは動作点60aにおける3次変調歪みの変化、62bは動作点60bにおける3次変調歪みの変化である。1、2、4は図1に示した実施例1と同様のものである。

【0086】次に動作について説明する。まず、図16

(b) に示す光学部品4の透過率の波長依存性と分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みの補償状態との関係について説明を行う。光学部品4の波長に対する透過率57によって生じる3次変調歪みは式(2)により表わされる。透過率の波長に対する2次微分の符号は山の部分で負になり、谷の部分で正になる。一方、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みは式(1)によって表わされるため、光学部品4によって生じる3次変調歪みと分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを合わせた受信装置での3次変調歪みは、透過率57の山の部分では分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みのみの場合よりも3次変調歪みが大きくなり、透過率57の谷の部分では2つの3次変調歪みが打ち消し合って分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みが補償される。

【0087】次に、図16(a)について説明を行う。半導体レーザ1と受信装置のフォトダイオード2の間に設けた光学部品4の透過光の変調歪みをモニタ用のフォトダイオード53によって検出し、歪補償状態制御手段56によって信号帯域外の3次変調歪みが小さくなるように動作点調整手段54により光学部品4の動作点を調整・制御する。制御は以下のように行う。まず、動作点は動作点変調手段55によって、わずかであるが常に変化させる。さらに、この動作点変調手段55による動作点変調信号61とフォトダイオード53によって検出した3次変調歪みの変化62の位相関係を調べる。そして、この位相関係から信号帯域外の3次変調歪みが小さくなるように動作点調整手段54により光学部品4の動作点を調整・制御する。具体的には、図16(b)において、良好な歪補償状態が得られる範囲59の左側(または右側)に動作点60a(または動作点60b)がある場合を考える。動作点60a(または動作点60b)を大きくすると3次変調歪みが小さく(または大きく)なるため、動作点変調信号61に対する3次変調歪み62a(または3次変調歪み62b)の変化の位相は逆相(または同相)になり、動作点を大きく(または小さく)なるように制御する。このように、動作点変調信号に対する3次変調歪みの変化の位相が逆相の場合には動作点を大きく、すなわち右側に、また同相の場合には動作点を小さく、すなわち左側になるように動作点を調整するすることによって良好な歪補償状態が得られる範囲59に動作点をもっていくことができる。

【0088】また、透過光の信号帯域外の3次変調歪みをモニタ用のフォトダイオード53は受信装置のフォトダイオード2でも代用することができ、その場合には光学部品4の透過光出力の一部を分岐する必要は無い。なお、動作点調整手段54は、例えば、実施例13に示すヒータ等である。

【0089】このように、本発明によれば、モニタ用のフォトダイオードによって、光学部品4の透過光の信号

帯域外の3次変調歪みを検出し、動作点調整手段で信号帯域外の3次変調歪みが小さくなるように光学部品4の動作点を調整・制御するため、良好な歪補償状態が安定に得られるアナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムが得られる。

【0090】実施例16. 図17は請求項14の発明による光アナログ伝送システムの歪補償状態制御法の説明図である。図において、63は光学部品4からの透過光出力をモニタするためのフォトダイオード、64はフォトダイオード63で検出した光学部品4からの透過光出力が小さくなるように光学部品4の動作点を制御するための手段、65は良好な歪補償状態が得られる動作点の範囲、66aは動作点の範囲65の左側の動作点、66bは動作点の範囲65の右側の動作点、67aは動作点66aにおける透過光出力の変化、67bは動作点66bにおける透過光出力の変化である。1、4は図1に示した実施例1と同様のものであり、54、55、57、61は図16に示した実施例15と同様のものである。

【0091】次に動作について説明する。半導体レーザ1と受信装置のフォトダイオード2の間に設けた光学部品4の透過光出力をモニタ用のフォトダイオード63によって検出し、歪補償状態制御手段64によって光出力が小さくなるように動作点調整手段54により光学部品4の動作点を調整・制御する。ここで、光学部品4の透過光出力が小さくなるように制御するのは、図16

(b)の光学部品4の透過率の波長依存性と分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みの補償状態との関係に示されるように、光学部品4の透過率57の谷の部分、すなわち透過光出力が極小になる部分で、光学部品4によって生じる3次変調歪みと分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みが打ち消し合って良好な歪補償状態が得られるからである。

【0092】また、制御は以下のように行う。まず、動作点は動作点変調手段55によって、わずかであるが常に変化させる。次に、この動作点変調手段55による動作点変調信号61とフォトダイオード63によって検出した透過光出力の変化67の位相関係を調べる。そして、この位相関係から透過光出力が小さくなるように動作点調整手段54により光学部品4の動作点を調整・制御する。具体的には、図17(b)において、良好な歪補償状態が得られる範囲65の左側(または右側)に動作点66a(または動作点66b)がある場合を考える。動作点66a(または動作点66b)を大きくすると透過光出力が小さく(または大きく)なるため、動作点変調信号61に対する透過光出力67a(または透過光出力67b)の変化の位相は逆相(または同相)になり、動作点を大きく(または小さく)なるように制御する。このように、動作点変調信号に対する透過光出力の変化の位相が逆相の場合には動作点を大きく、すなわち右側に、また同相の場合には動作点を小さく、すなわち

左側になるように動作点を調整することによって良好な歪補償状態が得られる範囲65に動作点をもっていくことができる。

【0093】また、透過光出力モニタ用のフォトダイオード63は受信装置のフォトダイオード2でも代用することができ、その場合には光学部品4の透過光出力の一部を分岐する必要は無い。なお、動作点調整手段は、例えば、実施例13に示すヒータ等である。

【0094】このように、本発明によれば、モニタ用のフォトダイオードによって、光学部品4の透過光出力を検出し、動作点調整手段で検出光出力が小さくなるように光学部品4の動作点を調整・制御するため、良好な歪補償状態が安定に得られるアナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムが得られる。

【0095】実施例17. 図18は請求項15の発明による光アナログ伝送システムの歪補償状態制御法の説明図である。図において、68はフォトダイオード53で検出した光学部品4からの反射光の3次変調歪みが大きくなるように光学部品4の動作点を制御するための歪補償状態制御手段、69は光学部品4の波長に対する反射率、70は光学部品4の各動作点に対する3次変調歪み、71は良好な歪補償状態が得られる動作点の範囲、72aは動作点の範囲71の左側の動作点、72bは動作点の範囲71の右側の動作点、73aは動作点72aにおける反射光の3次変調歪みの変化、73bは動作点72bにおける反射光の3次変調歪みの変化である。1、4は図1に示した実施例1と同様のものであり、53~55、57、61は図16に示した実施例15と同様のものである。

【0096】次に動作について説明する。半導体レーザ1と受信装置のフォトダイオード2の間に設けた光学部品4の反射光の3次変調歪みをモニタ用のフォトダイオード53によって検出し、歪補償状態制御手段68によって反射光の3次変調歪みが大きくなるように動作点調整手段54により光学部品4の動作点を調整・制御する。ここで、光学部品4の反射光の3次変調歪みが大きくなるように制御するのは、図18(b)の光学部品4の波長に対する透過率と反射率の関係からわかるように、透過率と反射率の関係はちょうど逆になっており、反射光の3次変調歪みが大きいときに透過光の3次変調歪みが小さくなるからである。

【0097】また、制御は以下のように行う。まず、動作点は動作点変調手段55によって、わずかであるが常に変化させる。次に、この動作点変調手段55による動作点変調信号61とフォトダイオード53によって検出した反射光の3次変調歪みの変化73の位相関係を調べる。そして、この位相関係から反射光の3次変調歪みが大きくなるように動作点調整手段54により光学部品4の動作点を調整・制御する。具体的には、図18(c)において、良好な歪補償状態が得られる範囲71の左側

(または右側)に動作点72a(または動作点72b)がある場合を考える。動作点72a(または動作点72b)を大きくすると反射光の3次変調歪みが大きく(または小さく)なるため、動作点変調信号61に対する反射光の3次変調歪み73a(または反射光の3次変調歪み73b)の変化の位相は同相(または逆相)になり、動作点を大きく(または小さく)なるように制御する。このように、動作点変調信号に対する反射光の3次変調歪みの変化の位相が同相の場合には動作点を大きく、すなわち右側に、逆相の場合には動作点を小さく、すなわち左側になるように動作点を調整することによって良好な歪補償状態が得られる範囲71に動作点をもっていくことができる。

【0098】なお、動作点調整手段54は、例えば、実施例13に示すヒータ等である。

【0099】このように、本発明によれば、モニタ用のフォトダイオードによって、光学部品4の反射光の3次変調歪みを検出し、動作点調整手段で反射光の3次変調歪みが大きくなるように光学部品4の動作点を調整・制御するため、良好な歪補償状態が安定に得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムが得られる。

【0100】実施例18. 図19は請求項15の発明による光アナログ伝送システムの歪補償状態制御法の説明図である。図において、74はフォトダイオード53で検出したマッハツェンダ干渉計34の信号を伝送しない伝送路(すなわち遅延導波路38)からの出力光の3次変調歪みが大きくなるようにマッハツェンダ干渉計34の動作点を制御するための歪補償状態制御手段、75はマッハツェンダ干渉計34の信号を伝送する伝送路37への透過率、76はマッハツェンダ干渉計34の信号を伝送しない伝送路38への透過率、77はマッハツェンダ干渉計34の各動作点に対する3次変調歪み、78は良好な歪補償状態が得られる動作点の範囲、79aは動作点の範囲78の左側の動作点、79bは動作点の範囲78の右側の動作点、80aは動作点79aにおけるマッハツェンダ干渉計34の信号を伝送しない伝送路38からの出力光の3次変調歪み変化、80bは動作点79bにおけるマッハツェンダ干渉計34の信号を伝送しない伝送路38からの出力光の3次変調歪み変化である。1は図1に示した実施例1と同様のもの、34、37、38は図11に示した実施例10と同様のもの、53~55、61は図16に示した実施例15と同様のものである。

【0101】次に動作について説明する。半導体レーザ1と受信装置のフォトダイオード2の間に設けたマッハツェンダ干渉計34の信号を伝送しない伝送路38からの出力光の3次変調歪みをモニタするフォトダイオード53によって検出し、歪補償状態制御手段74によってマッハツェンダ干渉計34の信号を伝送しない伝送路3

8からの出力光の3次変調歪みが大きくなるように動作点調整手段55によりマッハツェンダ干渉計34の動作点を調整・制御する。ここで、マッハツェンダ干渉計34の信号を伝送しない伝送路38からの出力光の3次変調歪みが大きくなるように制御するのは、図19(b)のマッハツェンダ干渉計34の2つの導波路37、38の波長に対する透過率の関係からわかるように、2つの導波路の透過率の関係はちょうど逆になっており、信号を伝送しない伝送路からの出力光の3次変調歪みが大きいときに、光信号伝送導波路37の透過光の3次変調歪みが小さくなるからである。

【0102】また、制御は以下のように行う。まず、動作点は動作点変調手段55によって、わずかであるが常に変化させる。次に、この動作点変調手段55による動作点変調信号61とフォトダイオード53によって検出した信号を伝送しない伝送路38からの出力光の3次変調歪み変化80の位相関係を調べる。そして、この位相関係から信号を伝送しない伝送路38からの出力光の3次変調歪みが大きくなるように動作点調整手段54によりマッハツェンダ干渉計34の動作点を調整・制御する。具体的には、図19(c)において、良好な歪補償状態が得られる範囲78の左側（または右側）に動作点79a（または動作点79b）がある場合を考える。動作点79a（または動作点79b）を大きくすると信号を伝送しない伝送路38からの出力光の3次変調歪みが大きく（または小さく）なるため、動作点変調信号61に対する信号を伝送しない伝送路38からの出力光の3次変調歪み80a（または信号を伝送しない伝送路38からの出力光の3次変調歪み80b）の変化の位相は同相（または逆相）になり、動作点を大きく（または小さく）なるように制御する。このように、動作点変調信号に対する信号を伝送しない伝送路からの出力光の3次変調歪みの変化の位相が同相の場合には動作点を大きく、すなわち右側に、逆相の場合には動作点を小さく、すなわち左側になるように動作点を調整することによって良好な歪補償状態が得られる範囲78に動作点をもっていくことができる。

【0103】なお、動作点調整手段は、例えば、実施例14に示すヒータ等である。

【0104】このように、本発明によれば、モニタ用のフォトダイオードによって、マッハツェンダ干渉計34の信号を伝送しない伝送路38の出射光の3次変調歪みを検出し、動作点調整手段で信号を伝送しない伝送路38の出射光の3次変調歪みが大きくなるようにマッハツェンダ干渉計34の動作点を調整・制御するため、良好な歪補償状態が安定に得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムが得られる。

【0105】実施例19、図20は請求項16の発明による光アナログ伝送システムの歪補償状態制御法の説明図である。図において、81はフォトダイオード63で

検出した光学部品4からの反射光出力が大きくなるように光学部品4の動作点を制御するための歪補償状態制御手段、82は良好な歪補償が得られる動作点の範囲、83aは動作点の範囲82の左側の動作点、83bは動作点の範囲82の右側の動作点、84aは動作点83aにおける反射光出力の変化、84bは動作点83bにおける反射光出力の変化である。1、4は図1に示した実施例1と同様のものであり、54、55、61は図16に示した実施例15と同様のものであり、63は図17に示した実施例16と同様のものである。

【0106】次に動作について説明する。半導体レーザ1と受信装置のフォトダイオード2の間に設けた光学部品4の反射光出力をモニタ用のフォトダイオード63によって検出し、歪補償状態制御手段81によって反射光出力が大きくなるように動作点調整手段54により光学部品4の動作点を調整・制御する。ここで、光学部品4の反射光出力が大きくなるように制御するのは、図18(b)の光学部品4の波長に対する透過率と反射率の関係からわかるように、透過率と反射率の関係はちょうど逆になっている。このため反射光出力が大きいときに、透過光出力が小さくなり、良好な歪補償状態が得られるからである。

【0107】また、制御は以下のように行う。まず、動作点は動作点変調手段55によって、わずかであるが常に変化させる。次に、この動作点変調手段55による動作点変調信号61とフォトダイオード63によって検出した反射光出力の変化84の位相関係を調べる。そして、この位相関係から反射光の光出力が大きくなるように動作点調整手段54により光学部品4の動作点を調整・制御する。具体的には、図20(b)において、良好な歪補償状態が得られる範囲82の左側（または右側）に動作点83a（または動作点83b）がある場合を考える。動作点83a（または動作点83b）を大きくすると反射光出力が大きく（または小さく）なるため、動作点変調信号61に対する反射光出力84a（または反射光出力84b）の変化の位相は同相（または逆相）になり、動作点を大きく（または小さく）なるように制御する。このように、動作点変調信号に対する反射光の3次変調歪みの変化の位相が同相の場合には動作点を大きく、すなわち右側に、また逆相の場合には動作点を小さく、すなわち左側になるように動作点を調整することによって良好な歪補償状態が得られる範囲82に動作点をもっていくことができる。

【0108】なお、動作点調整手段は、例えば、実施例13に示すヒータ等である。

【0109】このように、本発明によれば、モニタ用のフォトダイオードによって、光学部品4の反射光出力を検出し、動作点調整手段で反射光出力が大きくなるように光学部品4の動作点を調整・制御するため、良好な歪補償状態が安定に得られる光アナログ伝送装置ならびに

光アナログ伝送システムが得られる。

【0110】実施例 20. 図 21 は請求項 16 の発明による光アナログ伝送システムの歪補償状態制御法の説明図である。図において、85 はフォトダイオード 63 で検出したマッハツェンダ干渉計 34 の信号を送信しない伝送路 38 の光出力が大きくなるようにマッハツェンダ干渉計 34 の動作点を制御するための手段、86 は良好な歪補償状態が得られる動作点の範囲、87 a は動作点の範囲 86 の左側の動作点、87 b は動作点の範囲 86 の右側の動作点、88 a は動作点 87 a におけるマッハツェンダ干渉計 34 の信号を送信しない伝送路 38 の光出力の変化、88 b は動作点 87 b におけるマッハツェンダ干渉計 34 の信号を送信しない伝送路 38 の光出力の変化である。1 は図 1 に示した実施例 1 と同様のもの、34、37、38 は図 11 に示した実施例 10 と同様のもの、54、55、61 は図 16 に示した実施例 15 と同様のものであり、63 は図 17 に示した実施例 16 と同様のものであり、76 は図 19 に示した実施例 18 と同様のものである。

【0111】次に動作について説明する。半導体レーザ 1 と受信装置のフォトダイオード 2 の間に設けたマッハツェンダ干渉計 34 の信号を送信しない伝送路 38 の光出力をモニタ用のフォトダイオード 63 によって検出し、歪補償状態制御手段 85 によって検出した光出力が大きくなるように動作点調整手段 54 によりマッハツェンダ干渉計 34 の動作点を調整・制御する。ここで、マッハツェンダ干渉計 34 の信号を送信しない伝送路 38 の光出力が大きくなるように制御するのは、図 19

(b) のマッハツェンダ干渉計 34 の 2 つの導波路 37、38 の波長に対する透過率の関係からわかるように、2 つの導波路 37、38 の透過率の関係はちょうど逆になっている。このため伝送しない伝送路 38 の光出力が大きいために、光信号伝送導波路 37 の透過光出力が小さくなり、良好な歪補償状態が得られるからである。

【0112】また、制御は以下を行う。まず、動作点は動作点変調手段 55 によって、わずかであるが常に変化させる。次に、この動作点変調手段 55 による動作点変調信号 61 とフォトダイオード 63 によって検出したマッハツェンダ干渉計 34 の信号を送信しない伝送路 38 の光出力の変化 88 の位相関係を調べる。そして、この位相関係から信号を送信しない伝送路の光出力が大きくなるように動作点調整手段 54 によりマッハツェンダ干渉計 34 の動作点を調整・制御する。具体的には、図 21 (b) において、良好な歪補償状態が得られる範囲 86 の左側（または右側）に動作点 87 a（または動作点 87 b）がある場合を考える。動作点 87 a

（または動作点 87 b）を大きくするとマッハツェンダ干渉計 34 の信号を送信しない伝送路 38 の光出力が大きく（または小さく）なるため、動作点変調信号 61 に

対する信号を送信しない伝送路 38 の光出力 88 a（または信号を送信しない伝送路 38 の光出力 88 b）の変化の位相は同相（または逆相）になり、動作点を大きく（または小さく）なるように制御する。このように、動作点変調信号に対する信号を送信しない伝送路の光出力の変化の位相が同相の場合には動作点を大きく、すなわち右側に、また、逆相の場合には動作点を小さく、すなわち左側になるように動作点を調整することによって良好な歪補償状態が得られる範囲 86 に動作点をもっていくことができる。

【0113】なお、動作点調整手段は、例えば、実施例 14 に示すヒータ等である。

【0114】このように、本発明によれば、モニタ用のフォトダイオードによって、マッハツェンダ干渉計 34 の信号を送信しない伝送路 38 の光出力を検出し、動作点調整手段で信号を送信しない伝送路 38 の光出力が大きくなるようにマッハツェンダ干渉計 34 の動作点を調整・制御するため、良好な歪補償状態が安定に得られる光アナログ伝送装置ならびに光アナログ伝送システムが得られる。

【0115】

【発明の効果】この発明は、以上説明したように構成されているので、以下に示すような効果がある。

【0116】請求項 1 の発明によれば、分散を有する光ファイバによって生じる 3 次変調歪みを、透過率が波長によって異なる光学部品を用いて光学的に補償するため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られ、また、受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号を得ることができる。

【0117】請求項 2 の発明によれば、分散を有する光ファイバによって生じる 3 次変調歪みを、ファブリペロー干渉計を用いて光学的に補償するため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる。また、受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号を得ることができる。

【0118】請求項 3 の発明によれば、分散を有する光ファイバによって生じる 3 次変調歪みを、プラスチックからなるソリッドエタロンを用いて光学的に補償するため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる。また、受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号を得ることができる。さらに、プラスチックからなるソリッドエタロンは、温度に対する透過特性（動作点）の変化が大きく、容易に歪み補償状態が調整できる。

【0119】請求項 4 の発明によれば、プラスチックからなるソリッドエタロンを熱膨張係数が異なる保持具に固定するため、温度を変えることによってソリッドエタ



ロンの形状を変え、歪補償状態を容易に調整できる。

【0120】請求項5の発明によれば、ファブリペロー干渉計のスペーサとしてプラスチックを用いるため、わずかに温度を変えるだけで歪補償状態を容易に調整できる。

【0121】請求項6の発明によれば、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを、半導体導波路を用いて光学的に補償するため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる。また、受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号を得ることができる。

【0122】請求項7の発明によれば、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを、フォトダイオードと集積化された半導体導波路を用いて光学的に補償するため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる。また、受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号を得ることができる。

【0123】請求項8の発明によれば、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを、ファイバグレーティングを用いて光学的に補償するため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる。また、受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号を得ることができる。

【0124】請求項9の発明によれば、分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを、マッハツェンダ干渉計を用いて光学的に補償するため、高い周波数の信号を入力した場合においても十分な歪み補償効果が得られる。また、受信装置において歪補償を行うことができるため、伝送距離の異なる受信装置においても高品質な信号を得ることができる。

【0125】請求項10の発明によれば、半導体導波路に流す電流を調整することによって歪補償状態を容易に調整することができる。

【0126】請求項11の発明によれば、半導体導波路に印加する電圧を調整することによって歪補償状態を容易に調整することができる。

【0127】請求項12の発明によれば、波長によって透過率の異なる光学部品の側面にヒータを設けるため、ヒータによって熱を加えることによって歪補償状態を容易に調整できる。

【0128】請求項13の発明によれば、波長によって透過率の異なる光学部品からの透過光の信号帯域外の3次変調歪みが小さくなるように制御するため、良好な歪補償状態が安定に得られる。

【0129】請求項14の発明によれば、波長によって透過率の異なる光学部品からの透過光出力が小さくなるように制御するため、良好な歪補償状態が安定に得られ

る。

【0130】請求項15の発明によれば、波長によって透過率の異なる光学部品からの反射光の変調歪みが大きくなるように制御するため、良好な歪補償状態が安定に得られる。

【0131】請求項16の発明によれば、波長によって透過率の異なる光学部品からの反射光出力が大きくなるように制御するため、良好な歪補償状態が安定に得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施例1を示す構成図である。

【図2】 この発明の実施例1の動作を説明するための、透過率が波長によって異なる光学部品によって生じる変調歪みの説明図である。

【図3】 この発明の実施例2を示すファブリペロー干渉計の説明図である。

【図4】 この発明の実施例3を示す、プラスチックからなるソリッドエタロンの説明図である。

【図5】 この発明の実施例4を示す、プラスチックからなるソリッドエタロンの実装構造図である。

【図6】 この発明の実施例5を示す、プラスチックからなるスペーサを有するファブリペロー干渉計の説明図である。

【図7】 この発明の実施例6を示す、入出力面に反射部を有する半導体導波路の説明図である。

【図8】 この発明の実施例7を示す、フォトダイオードと集積化された半導体導波路の説明図である。

【図9】 この発明の実施例8を示すファイバグレーティングの説明図である。

【図10】 この発明の実施例9を示すマッハツェンダ干渉計の説明図である。

【図11】 この発明の実施例10を示す、電流による歪補償状態調整法の説明図である。

【図12】 この発明の実施例11を示す、電圧による歪補償状態調整法の説明図である。

【図13】 この発明の実施例12を示す、ヒータによる歪補償状態調整法の説明図である。

【図14】 この発明の実施例13を示す、ヒータによる歪補償状態調整法の説明図である。

【図15】 この発明の実施例14を示す歪補償状態制御法の説明図である。

【図16】 この発明の実施例15を示す歪補償状態制御法の説明図である。

【図17】 この発明の実施例16を示す歪補償状態制御法の説明図である。

【図18】 この発明の実施例17を示す歪補償状態制御法の説明図である。

【図19】 この発明の実施例18を示す歪補償状態制御法の説明図である。

【図20】 この発明の実施例19を示す歪補償状態制



27

御法の説明図である。

【図21】 この発明の実施例20を示す歪補償状態制御御法の説明図である。

【図22】 従来の分散を有する光ファイバによって生じる3次変調歪みを補償するための電気回路図である。

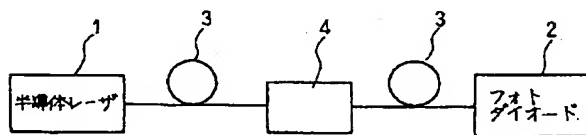
【符号の説明】

1 半導体レーザ、2 フォトダイオード、3 分散を有する光ファイバ、4 光学部品、5 透過率、6 チャーピング、7 ファブリペロー干渉計、8 反射面、9 透過率、10 ソリッドエタロン、11 反射面、12 透過率、13 形状、14 保持具、15 形状、16 ソリッドエタロンの室温における透過率、17 ソリッドエタロンの温度を変えたときの透過率、18 ファブリペロー干渉計、19 反射面、20 スペーサ、21 半導体導波路、22 導波路、23 反射部、24 透過率、25 半導体フィルタ、26 導波路、27 グレーティング、28 透過率、29 集積化素子、30 ファイバグレーティング、31 光ファイバ、32 グレーティング、33 透過率、34 マッハツェンダ干渉計、35 分岐部、36 合波部、37 光信号伝送導波路、38 遅延導波路、39 透過率、40 電極、41 電流、42 電流を変える前の半導体導波路の透過率、43 電流を変えた後の半導体導波路の透過率、44 電圧、45 電圧を変える前の半導体導波路の透過率、46 電圧を変えた後の半導体導波路の透過率、47 ヒータ、48 ヒータで温度を

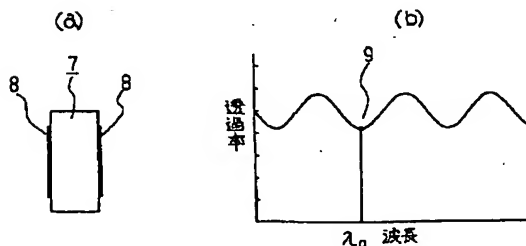
28

変える前のファブリペロー干渉計の透過率、49 ヒータで温度を変えた後のファブリペロー干渉計の透過率、50 ヒータ、51 ヒータで温度を変える前のマッハツェンダ干渉計の透過率、52 ヒータで温度を変えた後のマッハツェンダ干渉計の透過率、53 フォトダイオード、54 動作点調整手段、55 動作点変調手段、56 歪補償状態制御手段、57 透過率、58 3次変調歪み、59 良好な歪補償が得られる動作点の範囲、60 動作点、61 動作点の変調信号、62 3次変調歪みの変化、63 フォトダイオード、64 歪補償状態制御手段、65 良好な歪補償が得られる動作点の範囲、66 動作点、67 透過光出力の変化、68 歪補償状態制御手段、69 反射率、70 3次変調歪み、71 良好な歪補償が得られる動作点の範囲、72 動作点、73 3次変調歪みの変化、74 歪補償状態制御手段、75 マッハツェンダ干渉計の光信号伝送導波路への透過率、76 マッハツェンダ干渉計の遅延導波路への透過率、77 3次変調歪み、78 良好な歪補償が得られる動作点の範囲、79 動作点、80 3次変調歪みの変化、81 歪補償状態制御手段、82 良好な歪補償が得られる動作点の範囲、83 動作点、84 反射光出力の変化、85 歪補償状態制御手段、86 良好な歪補償が得られる動作点の範囲、87 動作点、88 透過光出力の変化、89 分岐器、90 3乗回路、91 可変減衰器、92 遅延線路、93 合波器。

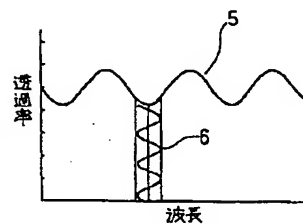
【図1】



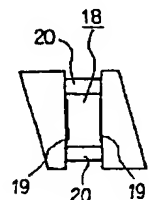
【図3】



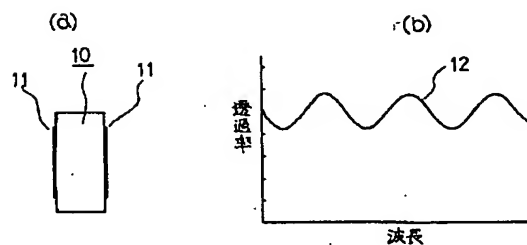
【図2】



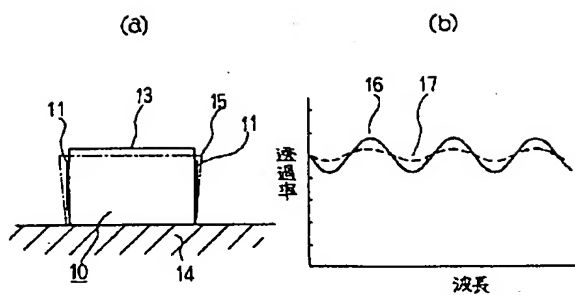
【図6】



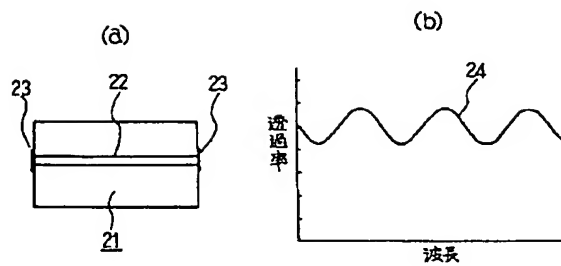
【図4】



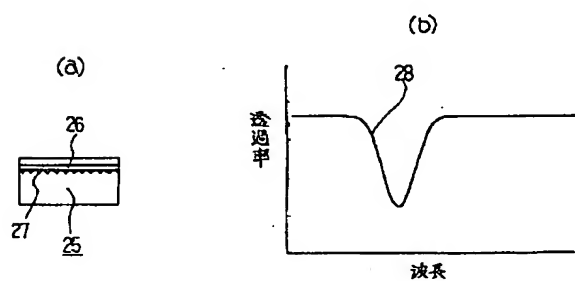
【図5】



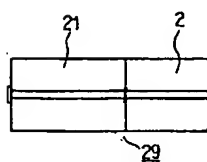
【図7】



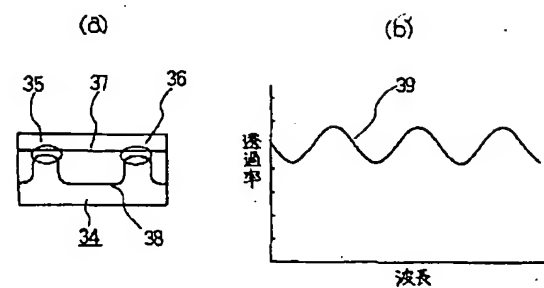
【図8】



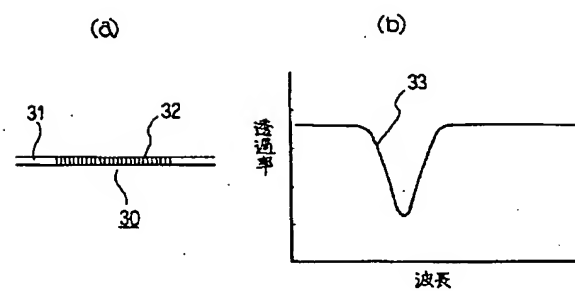
【図9】



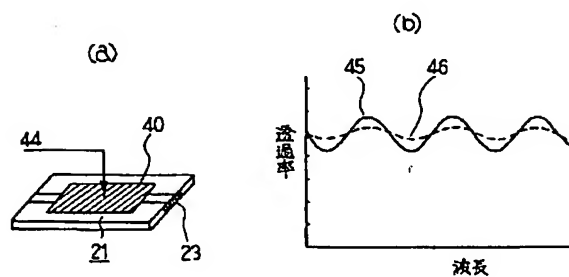
【図11】



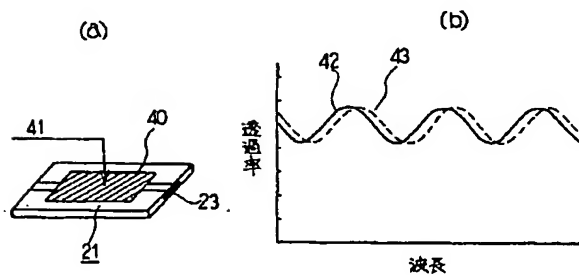
【図10】



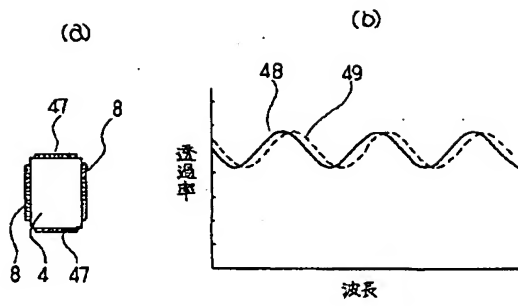
【図13】



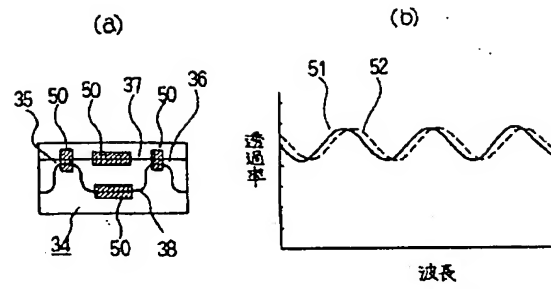
【図12】



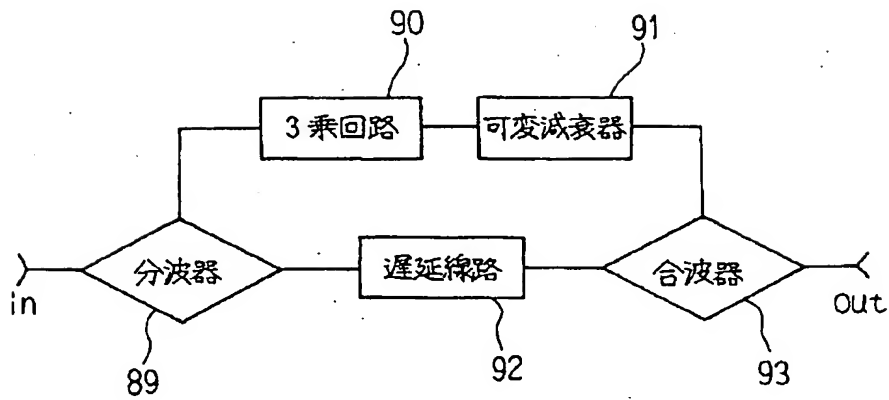
【図14】



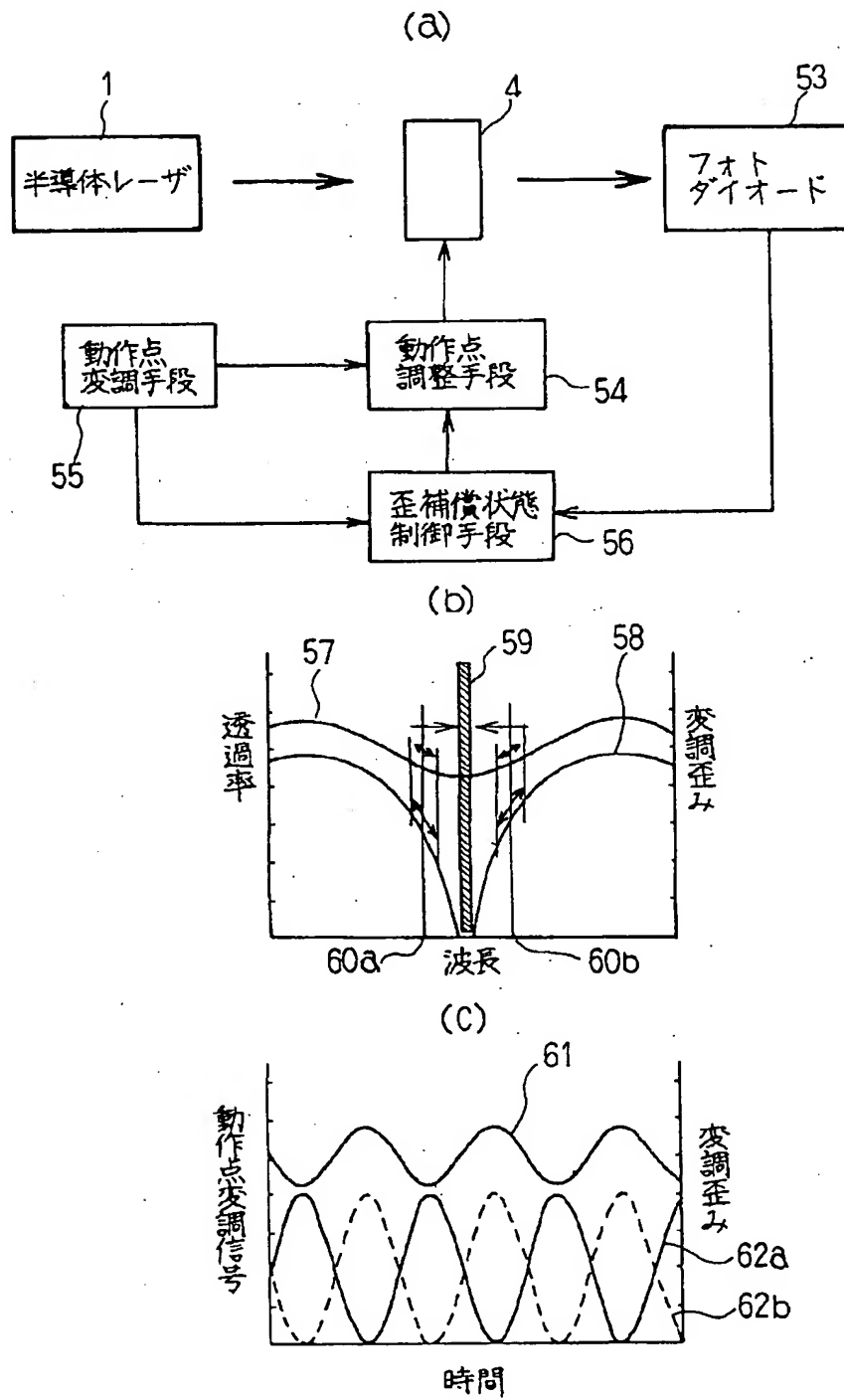
【図15】



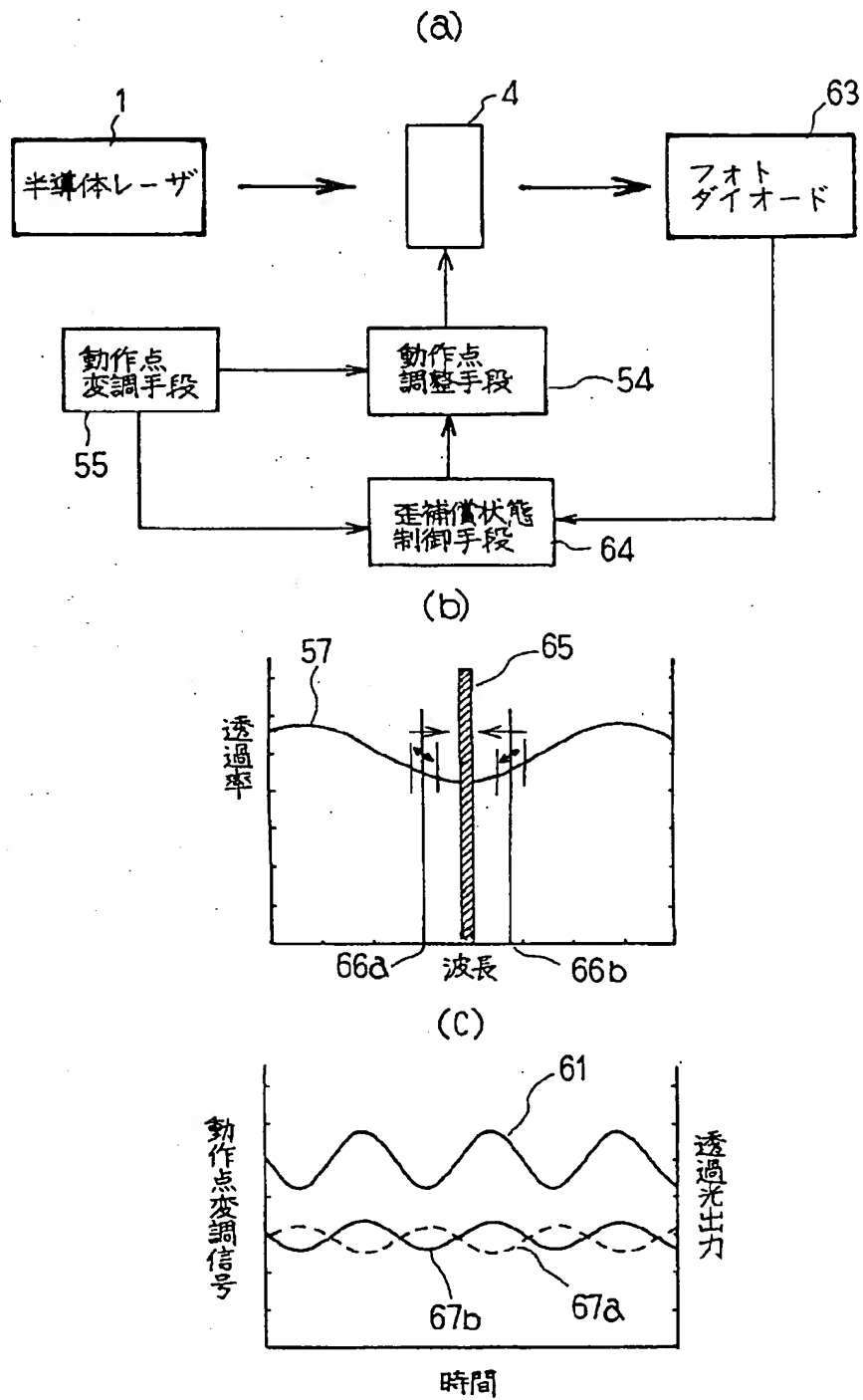
【図22】



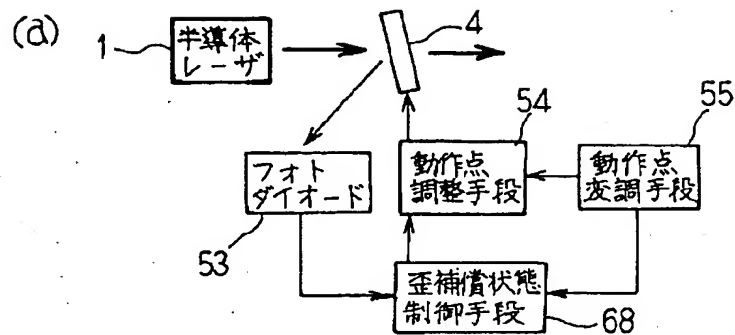
【図16】



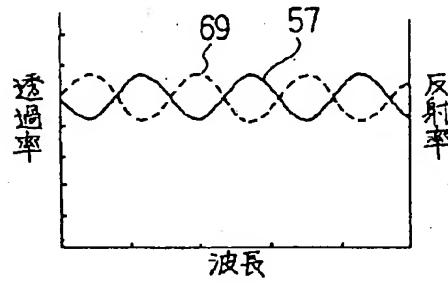
【図17】



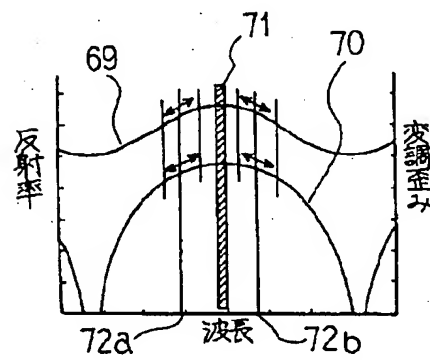
【図18】



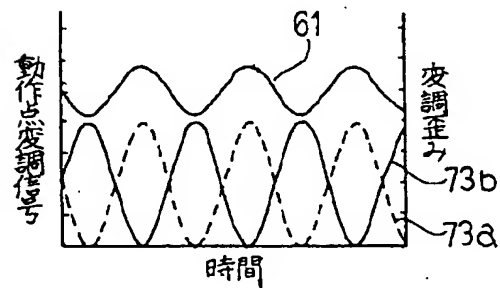
(b)



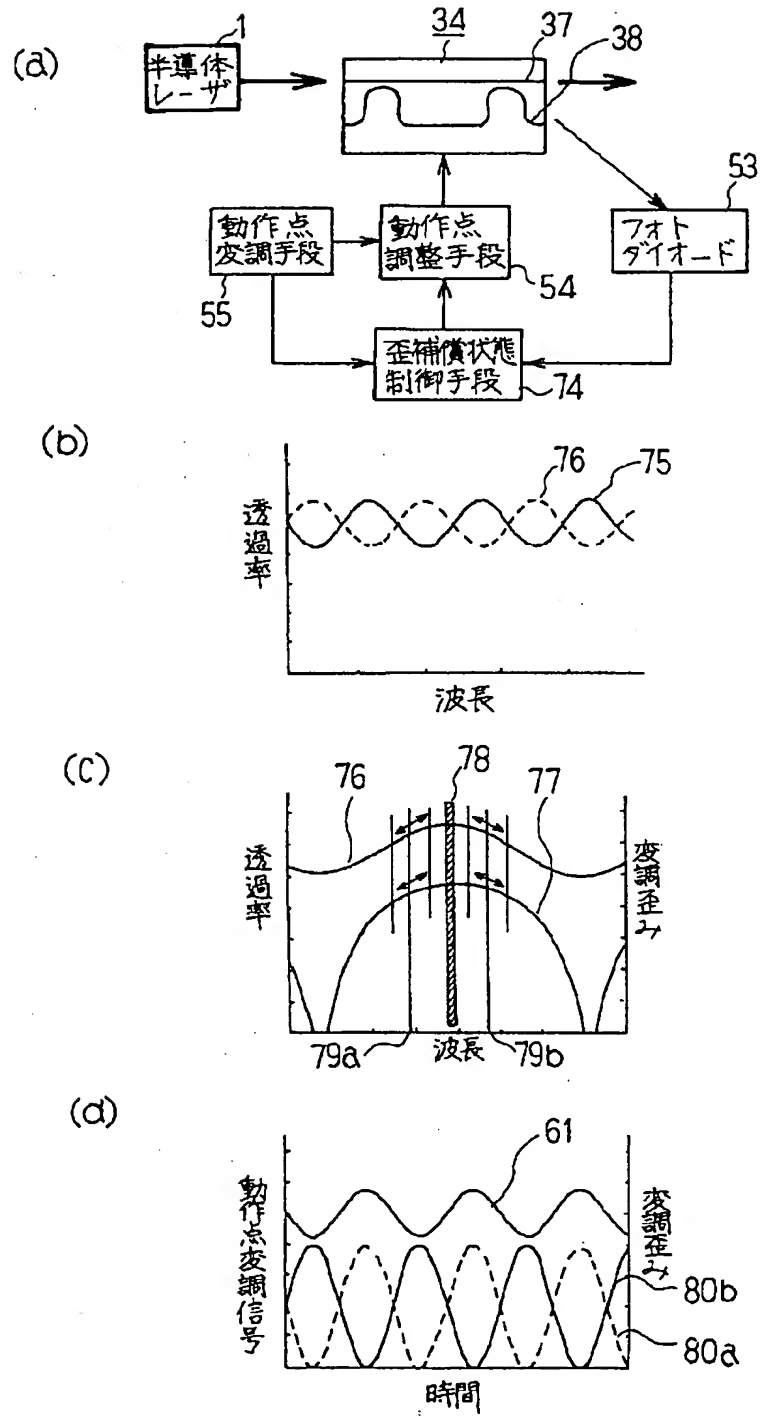
(c)



(d)

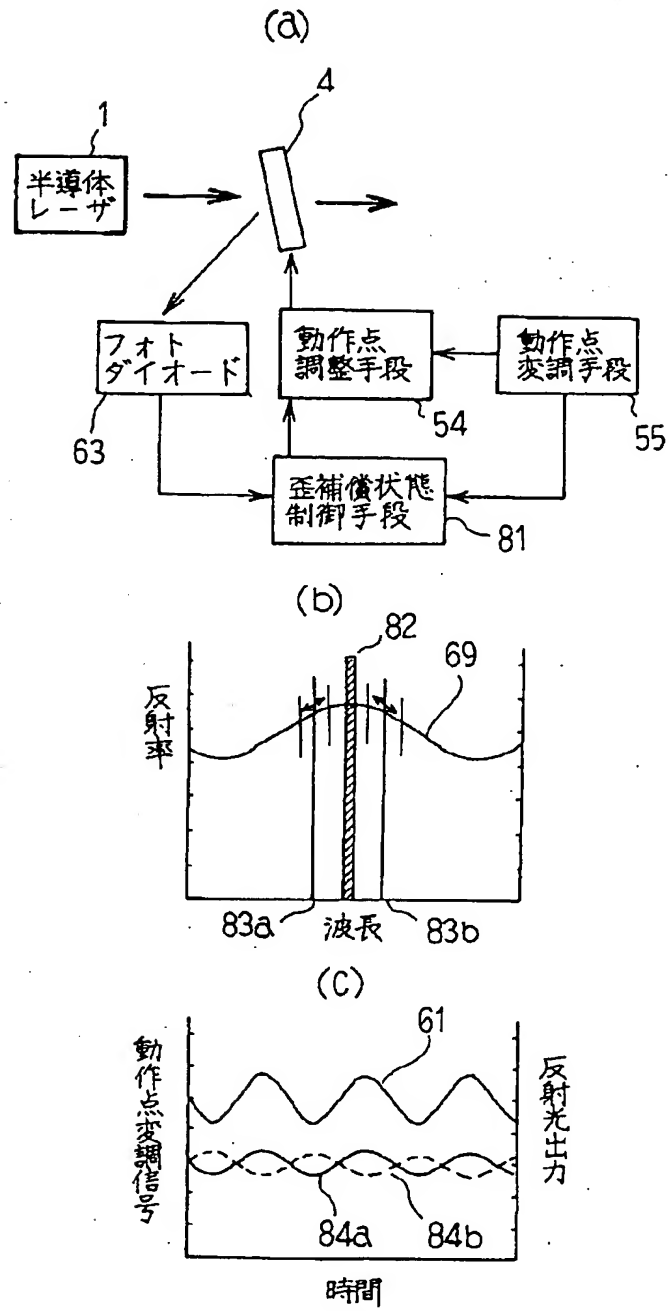


【図19】

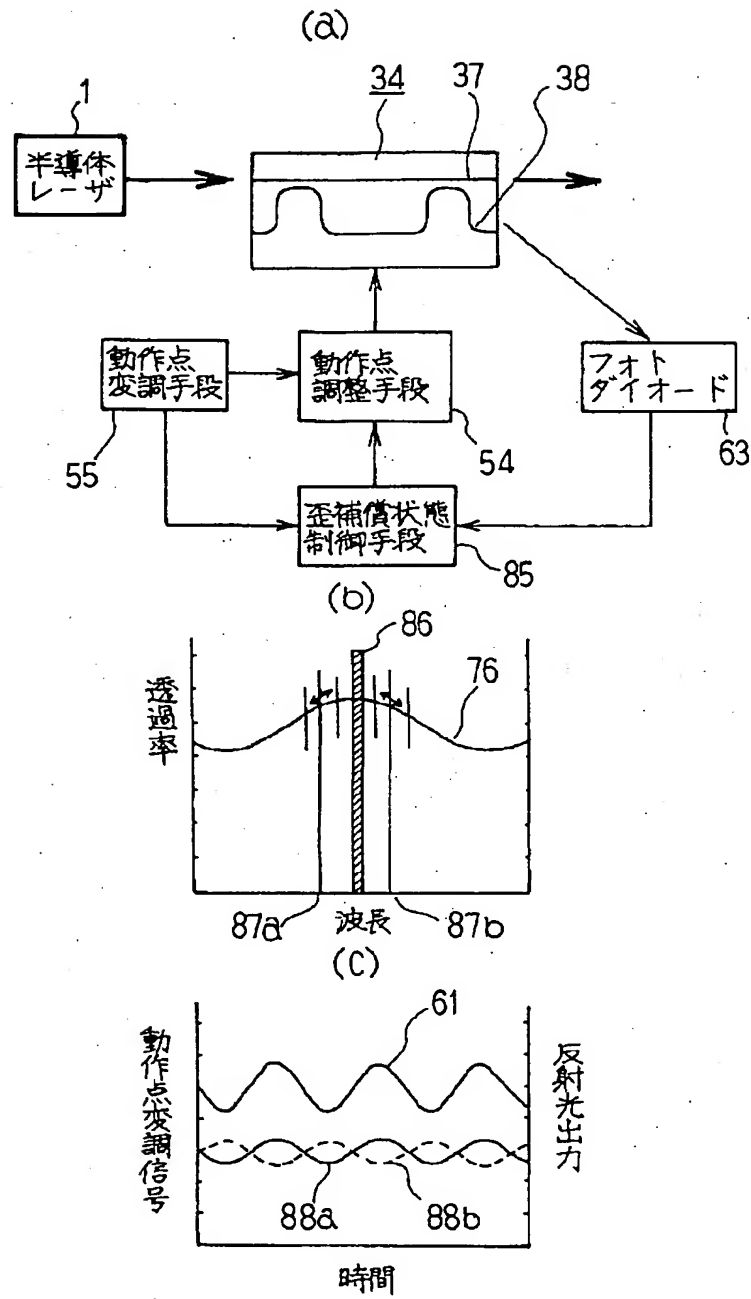




【図20】



【図21】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 26/02

G 0 2 F 1/35

識別記号 庁内整理番号

A

F I

技術表示箇所